

PERFORMANCE DRIVE TRAIN SISTEM HYBRID PADA KENDARAAN GOKART**(1)Prasetyo Dono Saputro****(1)Prodi Teknik Industri – Fakultas Teknik - ITSNU Pasuruan**Email koresponden : prasetyo.ds@gmail.com**Abstrak**

Drive train (pemindah daya) adalah mekanisme yang memindahkan tenaga yang dihasilkan oleh mesin untuk menggerakkan roda kendaraan. System transmisi adalah salah satu komponen penting dalam drive train, yang fungsi utamanya menyalurkan torsi yang keluar dari mesin sampai ke roda penggerak. Sistem transmisi dibagi 3 macam: transmisi gear manual, transmisi hidrodinamik, dan continuously variable transmission (cvt). Dalam perancangan drive train system hybrid pada kendaraan gokart menghasilkan analisa torsi, traksi, dan kecepatan yang mampu dihasilkan oleh kendaraan gokart hybrid. Dan diperoleh $\tau_{max} = 144,79$ (N.m), $\tau_{min} = 1,38$ (N.m), $F_{traksi\ max} = 723,94$ (N), $F_{traksi\ min} = 6,89$ (N), $P_{max} = 2312,6$ watt, $P_{min} = 74,6$ watt, $\alpha_{max} = 6,07$ (m/s²), $\alpha_{min} = 0,02$ (m/s²), pada engine Yamaha AL115S(5TL3), sedangkan pada motor DC diperoleh $\tau_{max} = 14,25$ (N.m), $\tau_{min} = 6,72$ (N.m), $F_{traksi\ max} = 71,27$ (N), $F_{traksi\ min} = 33,58$ (N), $\alpha_{max} = 1,14$ (m/s²), $\alpha_{min} = 0,53$ (m/s²).

Kata kunci: *perancangan drive train, torsi, traksi, percepatan*

Abstract

Drive train (power transfer) is a mechanism that removes the power generated by the engine to drive the wheels of vehicle. Transmission system is one important component in the drive train, whose main function is to channel out of the engine torque to the drive wheel. Transmission system is divided into 3 kinds: manual gear transmission, transmission hidrodinamik, and continuously variable transmission (cvt). And transmission used in ic engines hybrid go-kart is a CVT. In the design of hybrid drive train system on go-kart vehicles produce an analysis of torque, traction, and speed, are able to produce hybrid vehicles go-kart. And obtained $\tau_{max} = 144,79$ (N.m), $\tau_{min} = 1,38$ (N.m), $F_{traksi\ max} = 723,94$ (N), $F_{traksi\ min} = 6,89$ (N), $P_{max} = 2312,6$ watt, $P_{min} = 74,6$ watt, $\alpha_{max} = 6,07$ (m/s²), $\alpha_{min} = 0,02$ (m/s²), on Yamaha AL115S(5TL3) engine, while in DC motor obtained by $\tau_{max} = 14,25$ (N.m), $\tau_{min} = 6,72$ (N.m), $F_{traksi\ max} = 71,27$ (N), $F_{traksi\ min} = 33,58$ (N), $\alpha_{max} = 1,14$ (m/s²), $\alpha_{min} = 0,53$ (m/s²).

Keywords: *drive train design, torque, traction, acceleration*

PENDAHULUAN

Drive train (pemindah daya) adalah mekanisme yang memindahkan tenaga yang dihasilkan oleh mesin untuk menggerakkan roda kendaraan. Pemindah daya umumnya yang digunakan ada 2 jenis, yaitu: RWD dan FWD. RWD adalah mesin depan penggerak belakang (front engine rear wheel drive) dan FWD adalah mesin depan penggerak depan (front engine front wheel drive).

Kendaraan *hybrid* adalah kendaraan yang menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga. Jadi sebenarnya sudah banyak orang yang memiliki kendaraan *hybrid* dalam konteks ini. Intinya setiap kendaraan yang menggabungkan dua atau lebih sumber tenaga penggerak baik langsung ataupun tidak adalah sebuah *hybrid*. Mobil *hybrid* menggabungkan dua sumber tenaga. Begitupun teknologi *hybrid* dan komponen-komponen yang mensupportnya yang terus mengalami inovasi dan perubahan dalam setiap pengaplikasian kepada kendaraan. Salah satu diantaranya adalah *drive train* (system penggerak). *Drive train* ini sangat penting dalam teknologi *hybrid*.

METODE PENELITIAN

Untuk memenuhi perhitungan kita harus melakukan analisa terhadap gaya – gaya yang terjadi. Setelah itu data – data tersebut dapat kita rancang tahap-tahap perhitungannya sebagai berikut:

Perhitungan Kemampuan Dari CVT

Gaya sentrifugal pada sebuah benda dengan massa m dinyatakan sebagai berikut :

$$F_{cp} = M a_{cp} = \frac{mv^2}{\rho} f \quad (1)$$

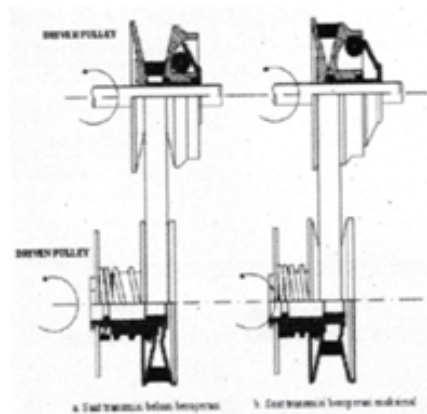
Dimana :

a_{cp} = percepatan *centripetal*

v = Kecepatan *tangensial*

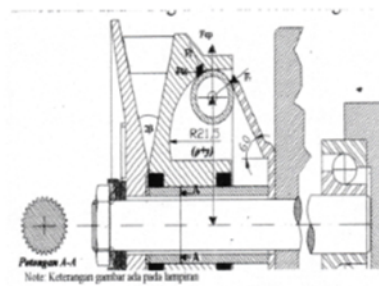
ρ = Jarak benda dari pusat rotasi

f = Unit vector dengan arah keluar pusat rotasi



Gambar : 1. Mekanisme Sistem Transmisi CVT

Mekanisme dari system penggerak variator *driver pulley* dapat dimodelkan dalam diagram benda bebas sebagai berikut:



Gambar : 2. Diagram Benda Bebas

Mekanisme variator *driver pulley* dengan analisa gaya pada *roller*,

Dimana :

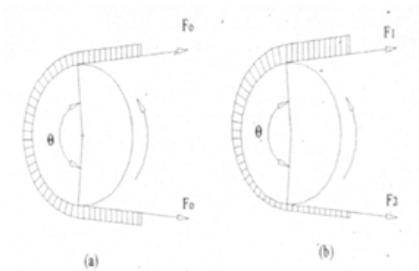
F_t = gaya reaksi variator *pulley* karena pengaruh gaya sentrifugal

F_x = gaya reaksi F_t arah sumbu X

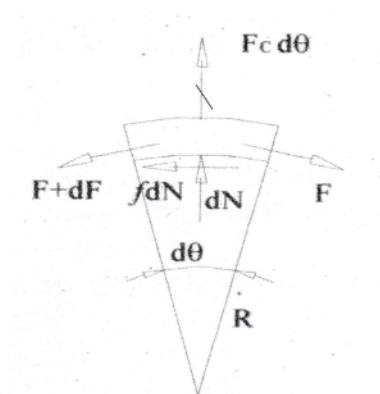
a) Distribusi Gaya Pada Belt dan Pulley

Belt yang digunakan adalah *V-Belt*, sehingga dengan perubahan variator *pulley* dapat merubah diameter *pulley* dan diameter *pulley driven*. *Belt* memiliki keunggulan dibandingkan dengan roda gigi, yaitu:

1. Gaya yang dibutuhkan untuk memutar poros input lebih kecil.
2. Faktor getaran yang ditimbulkan lebih kecil.
3. Gesekan yang terjadi tidak terlalu besar.
4. Proses dan biaya produksi yang dibutuhkan lebih ringan



Gambar : 3. Gaya Tegang Pada Belt



Gambar : 4. Keseimbangan Gaya Pada Belt

Keseimbangan gaya dalam arah radial :

$$(F + dF) \sin \frac{d\theta}{2} + F \sin \frac{d\theta}{2} - q \cdot v^2 d\theta - dN = 0 \quad (2)$$

Dimana :

F = Gaya tarik pada ujung belt

θ = Sudut *bending belt*

q = Massa belt per satuan panjang

V = Kecepatan belt

N = Gaya Normal

Bila $\sin \frac{d\theta}{2} = \frac{d\theta}{2}$, maka :

$$F d\theta - q v^2 d\theta - dN = 0 \quad (3)$$

Keseimbangan gaya dalam arah *tangensial*:

$$(F + dF) \cos \frac{d\theta}{2} - F \cos \frac{d\theta}{2} - f dN = 0 \quad (4)$$

$$dF = f \cdot dN \quad (5)$$

Mengeliminasi dN :

$$(F - q \cdot v^2) d\theta = \frac{1}{f} dF \quad (6)$$

$$\int_0^v f d\theta = \int_{F_1}^{F_2} \frac{dF}{F - q v^2}$$

$$\frac{F_1 - q v^2}{F_2 - q v^2} = e^{f\theta} = m' \quad (7)$$

$$F_1 - F_2 = \frac{m' - 1}{m'} (F_1 - q \cdot v^2) = U = \frac{H}{v} \quad (8)$$

$$H = \frac{m'-1}{m'} v(F_1 - q \cdot v^2) \quad (9)$$

Dimana m' adalah *creep factor*, sehingga dari persamaan 10 dan 11 dapat diketahui besarnya gaya Tarik pada kedua cabang *belt*.

$$F_1 = \frac{m' H / v + (m' + 1) q \cdot v^2}{m' - 1} \quad (10)$$

$$F_2 = \frac{m' H / v + (m' + 1) q \cdot v^2}{m' - 1} \quad (11)$$

Dimana :

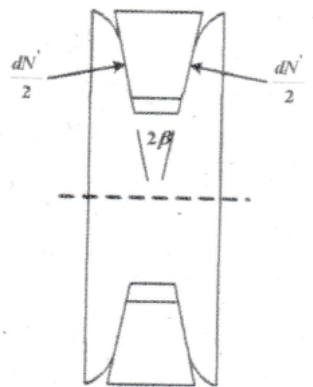
f = Koefisien gesek antara *belt* dan *pulley*

F_1 dan F_2 = Gaya Tarik pada kedua cabang *belt*

H = Daya yang ditransmisikan oleh *belt*

U = Selisih diantara gaya yang bekerja pada kedua ujung *belt*

$$\frac{F_1 - q \cdot v^2}{F_2 - q \cdot v^2} = e^{f\theta / \sin \beta} = m' \quad (12)$$



Gambar : 5. Penampang *Pulley*

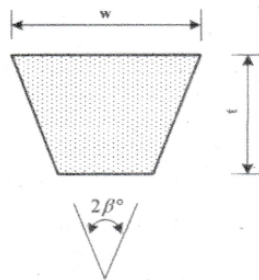
Tabel : 1. Koefisien gesek antara *belt* dan *pulley*

No.	Tipe Belt	Material <i>Pulley</i>			
		Bubuk Kayu Dikompresi	Kayu	Baja	Besi Tuang
1.	Kulit				
	- Disamak dengan bahan nabati	0,35	0,3	0,25	0,25
	- Disamak dengan bahan mineral	0,5	0,45	0,4	0,4
2.	Kapas				
	- Danyam kaku	0,28	0,25	0,22	0,22
	- Dijahit	0,25	0,23	0,2	0,2
3.	Wool	0,45	0,4	0,35	0,35
4.	Karet	0,35	0,3	0,3	0,3

Berikut adalah jenis-jenis *belt* dengan dimensi penumpang tertentu beserta daya transmisi dan diameter minimum yang digunakan sebagai acuan sistem transmisi.

Tabel : 2. Penampang *V-Belt*

Belt Section	Width w , in	Thickness t , in	Minimum Diameter, in	HP Range
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3,0	$\frac{1}{4}$ - 10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5,4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9,0	15-100
D	$1 \frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13,0	50-250
E	$1 \frac{1}{2}$	1	21,6	10 and up



Gambar : 6. Penampang V-Belt

b) *Kimematika Belt*

➤ Tenaga Transmisi

Adapun daya input yang ditransmisikan ke *pulley driver* digunakan persamaan :

$$H = \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot T \quad (13)$$

Dimana :

H = Daya yang ditransmisikan (W)

n = Kecepatan putaran (rpm)

T = Torsi (N.m)

Dan torsi yang di transmisikan digunakan untuk memutar *pulley*

$$T = (F_1 - F_2) \cdot R \quad (14)$$

Dimana :

F_1 = gaya belt ujung tegang (N)

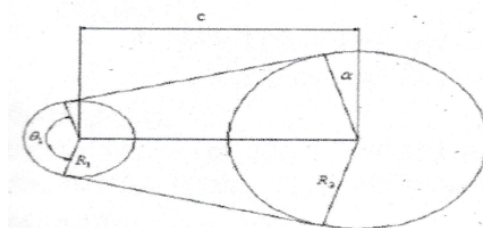
F_2 = gaya belt ujung kendur (N)

R = Jari-jari *pulley* (m)

➤ Ratio dan Gerak Aksial Pulley

Prinsip kerja perpindahan *pulley* ke arah aksial dapat dijelaskan pada gambar 6. Dimana panjang *belt* (L) dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$L = 2C + \pi(R_2 + R_1) + \frac{(R_2 - R_1)^2}{C} \quad (15)$$



Gambar : 7. Geometri Belt dan Pulley

Dimana :

$$\theta_1 = 2\pi - 2\alpha \text{ rad} \quad (16)$$

Sehingga

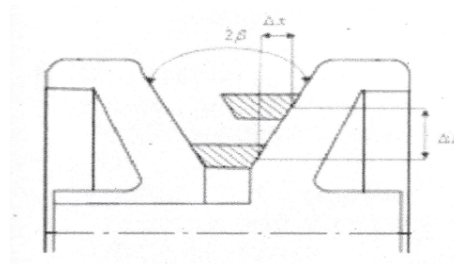
$$\sin \alpha = \frac{R_2 - R_1}{c} \quad (17)$$

Dan diketahui juga nilai/harga dari *speed ratio*

$$I = \frac{R_2}{R_1} \quad (18)$$

Untuk mencari putaran *output driven pulley* yang dihasilkan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (19)$$



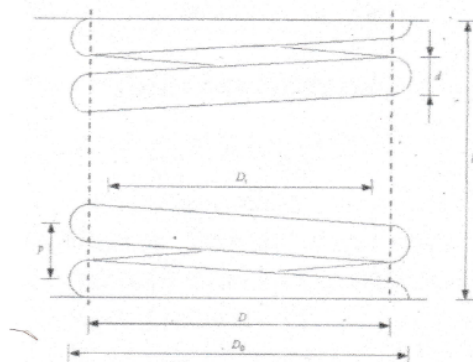
Gambar : 8. Dimensi variator *pulley* potongan melintang

Sehingga *ratio* transmisi CVT *belt* dan *pulley* ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$i_K = \frac{R_2 - 0 \frac{\Delta x}{\tan \beta}}{R_1 + 0 \frac{\Delta x}{\tan \beta}} \quad (20)$$

c) Kinematika Pegas Tekan

Pegas *heliks* tekan kebanyakan memiliki dimensi yang konstan pada diameter kawat, *pitch* dan diameter rata-rata *coil*. Gambar 9 ini menunjukkan parameter dimensi dari pegas *heliks* tekan.



Gambar : 9. Dimensi penampang pegas *heliks* tekan

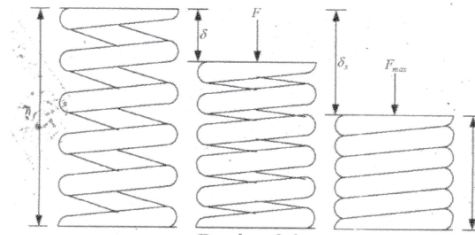
Sehingga

$$D_0 = D + d \text{ dan } D_i = D - d \quad (21)$$

Dimana :

- d = diameter kawat
- D₀ = Diameter luar *coil*
- D = Diameter rata-rata *coil*
- h_f = Tinggi bebas
- D_i = Diameter dalam *coil*
- p = *Pitch coil*

Diameter luar (D_o) coil, diameter dalam (D_i) coil dan tinggi bebas (h_f) adalah parameter utama yang digunakan untuk menentukan batas, berdasar pada tempat dimana pegas tersebut diletakkan.



Gambar : 10. Kondisi pegas dengan beban kerja

Dari keterangan di atas maka didapatkan beberapa persamaan :

$$\delta = \frac{F}{k} = \frac{8 F d^3 N_a}{d^4 G} \quad (22)$$

$$h_f = h_s + h_\delta \quad (23)$$

Dimana :

h_f = Tinggi bebas

F = Beban kerja

h_s = Tinggi *solid*

N_a = Lilitan aktif pegas

δ = Defleksi karena beban kerja

K = Konstanta pegas

G = Modulus geser material

- Lilitan pegas

Lilitan total dari pegas, bergantung dari jenis ujung pegas. Jenis ujung pegas mempunyai 4 macam, yaitu :

1. *Plain ends*

$$N_a = N_t - \frac{1}{2}$$

2. *Plain grounds end*

$$N_a = N_t - 10$$

3. *Squared ends*

$$N_a = N_t - 1 \frac{1}{2}$$

4. *Squared grounds end*

$$N_a = N_t - 2$$

Dimana :

N_a = Lilitan aktif pegas

N_t = Lilitan total aktif pegas

- Indeks pegas

Indeks pegas (c) adalah perbandingan dari diameter rata-rata coil (D) terhadap diameter kawat (d)

Maka persamaan :

$$c = \frac{D}{d} \quad (24)$$

- Konstanta pegas

Untuk menentukan persamaan dari konstanta pegas (k) adalah

$$k = \frac{\Delta F}{\delta} = \frac{d^4 G}{8 D^3 N_a} \quad (25)$$

Analisa gaya traksi, daya kendaraan, kecepatan dan percepatan kendaraan pada saat menggunakan Motor Listrik DC 1HP 24 Volt 1800 rpm

a. Gaya Traksi

$$F_{Traksi} = \frac{Torsi}{R_{roda}}$$

b. Daya kendaraan

- Berasal dari data *Dyno Test Chasis* untuk mesin bensin Yamaha 4 Tak 115 cc
- Berasal dari pengukuran dan pengamatan untuk motor listrik DC 1 HP 24 Volt 1800 rpm

c. Torsi kendaraan

$$P = \tau \cdot \omega$$

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

Dimana :

τ = Torsi (N.m)

P = Daya kendaraan (Watt)

ω = Kecepatan sudut di roda (rad/s)

d. Kecepatan kendaraan

- Berasal dari data *Dyno Test Chasis* untuk mesin bensin Yamaha 4 Tak 115 cc
- Berasal dari pengukuran dan pengamatan untuk motor listrik DC 1 HP 24 Volt 1800 rpm

e. Percepatan kendaraan

- Gaya dorong pada roda

Rumus berasal dari buku teknologi otomotif edisi kedua, halaman 47&199 :

$$F_{kv} = \frac{M_s(V) \cdot i_k \cdot i_c}{r} n_t$$

- Koefisien hambatan *rolling*

$$f_r = f_0 + f_s \left[\frac{v}{100} \right]^{2.5}$$

- Hambatan *rolling*

Rumus berasal dari buku teknologi otomotif edisi kedua, halaman 49 :

$$R_r = f_r \cdot W \cdot \cos \alpha$$

$$R_r = f_r (W \cdot \cos \alpha - F_t)$$

- Gaya traksi bersih

$$F_{netto} = F_{kv} - (R_r + R_a)$$

Dimana : $R_a = F_d$

- Percepatan yang dihasilkan

Rumus berasal dari buku teknologi otomotif edisi kedua, halaman 216 :

$$\alpha = \frac{F - R_a - R_f}{\gamma_m \cdot M}$$

Dimana :

$$\gamma_m = 1,04 + 0,0025 (i_o)^2$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

- a. Pada Mesin Yamaha 4 Tak 115 cc , sesuai dengan data pengamatan *dyno test chasis* gokart, diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel : 3. Hasil Pengamatan *Dyno Test Chasis* saat Pengujian Mesin Yamaha 4 Tak 115 cc

No.	Throttle Valve		Putaran Engine (rpm)	Daya Kendaraan (Hp)	Kecepatan	
	Sudut	%			(km/jam)	(m/s)
1	0°	0 %	1200	0	0	0
2			1500	1,5	10	2,778
3	45°	56,25%	2000	2	10,2	2,833
4			2500	2,2	11,1	3,083
5	50°	62,5%	3000	3,1	11,5	3,194
6			3500	3	16	4,444
7	75°	91,25%	4000	2,4	20	5,556
8			4500	2,1	24	6,667
9	78°	97,5%	5000	2	28	7,778
10			5500	1,6	34	9,444
11	80°	100%	6000	0,1	39	10,833

Pada Motor Listrik DC 1 HP 24 Volt 1800 rpm

Sesuai dengan data pengamatan dari pengukuran motor DC, diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengamatan dan Pengukuran Motor DC

No.	N motor DC (rpm)	ω motor DC (rad/s)
1	0	0
2	500	52,33
3	1060	111,08

KESIMPULAN

Pada Engine Yamaha 4 Tak 115 cc AL 115S (53TL3) diperoleh : $\tau_{\max} = 144,79$ (N.m), $\tau_{\min} = 1,38$ (N.m), $F_{\text{traksi max}} = 723,94$ (N), $F_{\text{traksi min}} = 6,89$ (N), $P_{\max} = 2312,6$ Watt, $P_{\min} = 74,6$ Watt, $a_{\max} = 6,07$ (m/s²), $a_{\min} = 0,02$ (m/s²), sedangkan pada motor Listrik DC diperoleh : $\tau_{\max} = 14,25$ (N.m), $\tau_{\min} = 6,72$ (N.m), $F_{\text{traksi max}} = 71,27$ (N), $F_{\text{traksi min}} = 33,58$ (N), $a_{\max} = 1,14$ (m/s²), $a_{\min} = 0,53$ (m/s²)

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, A., Mas'ud, M. I. (2019). Proses Manufaktur pada Mesin Primer dan Sekunder CV. Karunia Menggunakan Metode Linier Programming. *Journal Knowledge Industrial Engineering (JKIE)*, 6(2), 59–65. <https://doi.org/10.35891/jkie.v6i2.2055>
- Junaedi, D., Mas'ud, M. I. (2018). Penerapan Metode Forecasting dalam Perencanaan Produksi Bakpia dengan Menggunakan Software POM Guna Memenuhi Permintaan Konsumen. *Journal Knowledge Industrial Engineering (JKIE)*, 5(3), 121–128. <https://doi.org/10.35891/jkie.v5i3.2042>
- Mas'ud, M. I. (2016). Pendekatan Rantai Markov Dalam Pemilihan Universitas Di Kabupaten Pasuruan. *Journal Knowledge Industrial Engineering (JKIE)*, 4(1), 63–70
- Sasongko, Adjie Wahyu. (2008). Rancang Bangun Gokart Dengan Penggerak Motor Bakar Bensin 5,5 HP. Semarang: Politeknik Negeri Semarang.